嫌気性消化プロセスの導入支援ツールについて

支援ツールの目的

地球温暖化防止が求められる中、カーボンニュートラルなバイオマス資源の有効利用方法の１つとして、消化ガスの活用が求められています。

嫌気性消化プロセスの導入については、施設の規模やそのコストが主な障害になっていると考えられますが、汚泥の減量化による施設規模の低減や消化ガス利用という大きなメリットがあります。

本支援ツールは、新たに嫌気性消化プロセスの導入を検討する際に使用するもので、必要な施設の建設費及び維持管理費、消化ガス利用に伴う燃料消費量の削減及び、それに伴う CO_2 排出量の削減効果などを数値化して比較することができます。これにより、嫌気性消化プロセス導入効果の大まかなイメージをつかむことができます。

検討対象となる施設

Case１は、**図 1** に示す汚泥処理フローに対して、消化プロセス導入前後の比較が行えます。
また、消化プロセス導入後では、事業系生ごみの受入について試算できます。
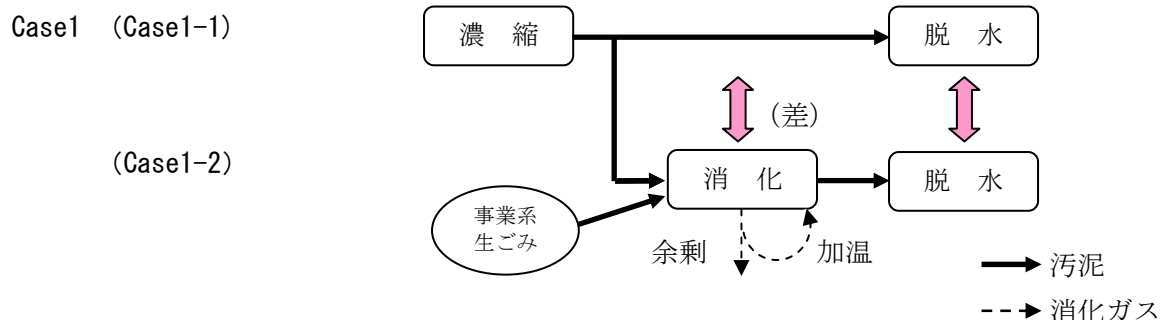
図 1：Case１の汚泥処理フロー

Case２は、**図 2** に示す汚泥処理フローに対して、消化プロセス導入前後の比較が行えます。
また、消化プロセス導入後では、事業系生ごみの受入について試算できます。
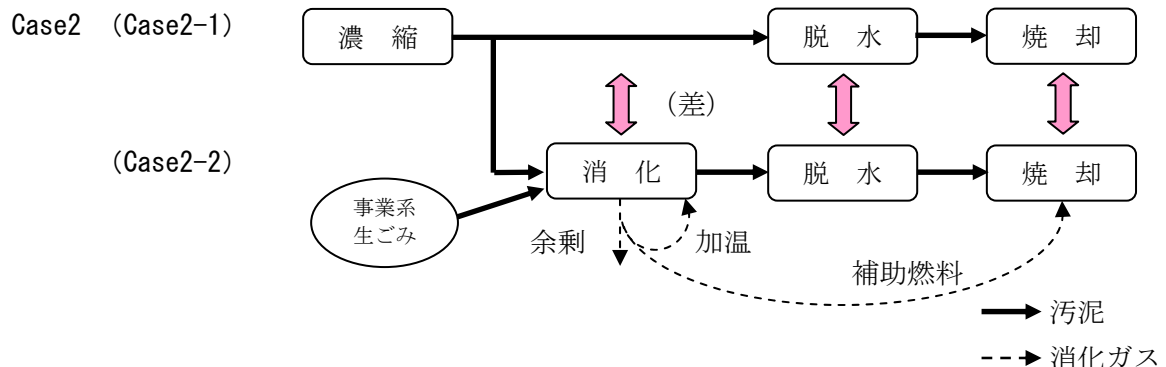
図 2：Case２の汚泥処理フロー

計算の概要

本支援ツールは、「流入水量方式」と「投入汚泥量方式」の２方式から選べます。

汚泥処理プロセスに関わる汚泥量の算定

・ 流入水量方式

水処理能力、流入 SS 濃度、SS 総合除去率、汚泥転換率、汚泥回収率、有機物含有率などの設定値を基に、汚泥処理プロセスに関わる汚泥量を算定します。

・ 投入汚泥量方式

汚泥処理プロセスに関わる汚泥量などを直接入力します。

・ 事業系生ごみの受入

事業系生ごみの受入量を直接入力することで、生ごみ受入後の汚泥処理プロセスに関わる汚泥量を算定します。なお、生ごみの受入は、流入水量方式及び投入汚泥量方式の両方式に対応します。

建設費、維持管理費の算定

「バイオソリッド利活用基本計画策定マニュアル」及び「下水処理場へのバイオマス（生ごみ等）受け入れの手引き　2010 年 3 月　(財)下水道新技術推進機構」の費用関数を用いて、必要な施設の建設費及び維持管理費を算出します。

地域特性算定条件の設定（任意：オプション）

貴自治体に建設費及び維持管理費の実績があり、費用関数との差を実績に近づけたい場合、既存施設（消化・脱水、焼却）の建設費及び維持管理費を直接入力することで費用関数を補正することができます。

消化ガス量の算定

消化ガスの発生量、利用量、余剰量を計算します。消化ガスの利用量は、“消化タンクの加温”、“焼却炉の補助燃料”の優先順で利用量を計算し、その残りを余剰量とします。

なお、焼却炉に投入する脱水ケーキは、Case2-1 及び Case2-2 共に焼却炉の廃熱で乾燥して、Case2-1 は焼却炉の補助燃料は不要として計算します。

CO_2削減効果の算定

消化ガス利用による化石燃料（Ａ重油で換算）の使用削減量から計算します。

留意事項

本支援ツールの利用は、計画初期段階において、嫌気性消化プロセス導入の足掛かりとして活用して頂くことを想定しています。また、本支援ツールの利用に当っては、下記の注意事項を十分に理解して頂き、活用して下さい。

- 本支援ツールの費用算定は、「バイオソリッド利活用基本計画策定マニュアル（平成 16 年 3 月)」の費用関数を用いていますが、建設費及び維持管理費は、様々な要因や条件等によって大きく変わります。
    - 建設費及び維持管理は、デフレーター等による補正は行っていません。
    - 年価は、マニュアルに記載された耐用年数・残存価値・利子率で計算を行っています。
- 本支援ツールの適用範囲は、使用している費用関数の適用範囲などから、流入下水量として、5,000≦Ｑ（m^3/日）≦400,000 が目安となります。
- 規模が小さい処理施設では、嫌気性消化プロセス導入による便益が建設費や維持管理費の増加分を下回ることも想定されます。地域にあった消化ガス利用や、他のバイオマス受け入れによるガス発生量増大及び他のバイオマス処分費の削減等を検討する必要があります。
- 消化プロセスの導入による後段プロセス（脱水、焼却）の建設費低減効果は、設備更新時点で発揮されます。
- 消化プロセスを導入する場合、水処理及び汚泥処理への影響が無いか別途検討する必要があります。

また、事業系生ごみの受入については、下記の注意事項を十分に理解して頂き、活用して下さい。

- 本支援ツールの費用算定は、「下水処理場へのバイオマス（生ごみ等）受け入れの手引き　2010 年 3 月　(財)下水道新技術推進機構」の費用関数を用いていますが、建設費及び維持管理費は、様々な要因や条件等によって大きく変わります。
- 本支援ツールは、事業系生ごみを前処理後、消化タンクに投入する処理フローを想定しています。ただし、事業系生ごみの処理に必要な前処理施設、消化施設、脱水施設、焼却施設は、下水汚泥処理プロセスとは別に算定しています。
- 本支援ツールの適用範囲は、使用している費用関数の適用範囲（前処理施設）から、事業系生ごみとして、2≦Ｑ(wet-t/日)≦100 が目安となります。
- 事業系生ごみを受入れる場合、水処理及び汚泥処理への影響が無いか別途検討する必要があります。

利用手順

消化プロセスの導入検討を支援する算定ファイル（MS-Excel）には、“算定ファイル（流入水）”と“算定ファイル（投入汚泥）”の２種類があります。

① 算定ファイル（流入水）

下水処理場への流入水量・流入水質を算定条件として、消化（焼却）プロセスの有り・無しについて、コスト、CO_2排出削減効果などを算定します。

② 算定ファイル（投入汚泥）

汚泥処理プロセス毎（濃縮、消化、脱水、焼却）の投入汚泥量・投入汚泥濃度を算定条件として、消化（焼却）プロセスの有り・無しについて、コスト、CO_2排出削減効果などを算定します。

算定ファイルの利用手順は、図 3のとおりです。
以下、算定ファイルのダウンロード後の利用手順について説明します。
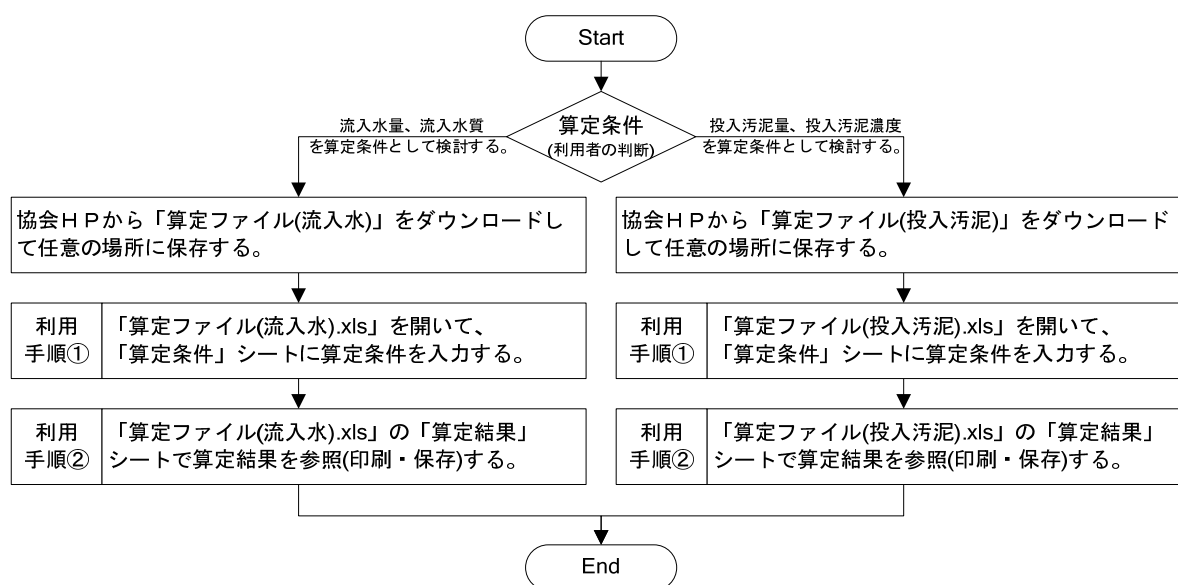
図 3：算定ファイルの利用手順

利用手順 ①　（算定条件の設定）

◆ ダウンロードした算定ファイルを開いて、「算定条件」シートを選択します（**図 4**）。

◆ 検討したいケース（CASE1-1～CASE2-2）の算定条件（水色のセル）を全て手入力します。

✧ 検討不要なケースの算定条件（水色のセル）は設定する必要はありません。

✧ 初期値が設定されている算定条件（水色のセル）も直接入力できます。

✧ 算定ファイル（流入水）と算定ファイル（投入汚泥）では、**図 5** に示すとおり、設定条件が異なります。

✧ 算定ファイルは、MS-Excel2003 で作成しています。算定ファイルの保存及び算定条件や算定結果の印刷は、MS-Excel の機能を御利用下さい。

図 4：　算定ファイル（算定条件シート）の利用方法

ステップ１：必須

１．下水処理場の算定条件　（水色のセル全てに値を設定してください。）

設定項目		単位	CASE1-1	CASE1-2	CASE2-1	CASE2-2	初期値
処理場全体	水処理能力（日最大処理水量）	m^3/日	50,000	50,000	50,000	50,000	
	日平均処理水量	m^3/日	40,000	40,000	40,000	40,000	
	流入ＳＳ濃度	mg/L	200	200	200	200	
	ＳＳ総合除去率	%	90.0	90.0	90.0	90.0	90
	除去ＳＳ当たりの汚泥転換率	%	100.0	100.0	100.0	100.0	100
濃縮	投入汚泥回収率	%	100.0	100.0	100.0	100.0	100
	濃縮汚泥濃度	%	4.0	4.0	4.0	4.0	4
消化	投入汚泥回収率	%		100.0		100.0	100
	有機物含有率	%		80.0		80.0	80
	ガス発生量原単位	Nm^3/kg-投入汚泥有機物		0.55		0.55	0.55
	有機物分解率	%		50.0		50.0	50
脱水	投入汚泥回収率	%	100.0	100.0	100.0	100.0	100
	脱水ケーキ含水率	%	78.0	81.0	78.0	81.0	78、81
焼却	投入汚泥回収率	%			100.0	100.0	100
	有機物含有率	%			80.0	66.7	80、計算値
	焼却灰加湿含水率	%			30.0	30.0	30
汚泥処分費		円/wet-t	16,000	16,000	16,000	16,000	16,000

※黄色のセルは算定結果が表示されます。

２．その他の算定条件　（水色のセル全てに値を設定してください。）

設定項目	単位	共通	初期値
重油価格（Ａ重油　ローリー渡し　東京）	円/kL	60,000	60,000
電気使用料	円/kWh	13.00	13
熱量（Ａ重油）	MJ/L	39.1	39.1
熱量（消化ガス）	MJ/Nm^3	22.0	22.0
CO_2排出係数（Ａ重油）	kg-CO_2/L	2.71	2.71
CO_2排出量取引価格	円/t-CO_2	2,890	2,890

３．事業系生ごみの受入　（水色のセル全てに値を設定してください。）

設定項目		単位	CASE1-1	CASE1-2	CASE2-1	CASE2-2
事業系生ごみの受入	生ごみ受入量（日最大）	t/日		20.0		20.0
	生ごみ受入量（日平均）	t/日		10.0		10.0

ステップ２：任意（オプション）

「算定結果シート」の建設費と維持管理費は、本協会発刊の「バイオソリッド利活用基本計画策定マニュアル」の費用関数を用いて算定します。（ステップ１でデータを入力すると、下表の「算定値(a)」欄に「算定結果シート」で算定された建設費と維持管理費が表示されます。）

費用関数はあくまでも平均的な値です。貴自治体に実績があり費用関数との差を実績値に近づけたい場合は、実績値(b)と算定値(a)との比率（補正係数(b/a)）で費用関数を補正するオプション（地域特性算定条件）を設けました。

【例１：CASE1-1とCASE1-2を比較する場合】
CASE1-1規模の脱水の実績値(b)を入力した場合、脱水の補正係数(b/a)で脱水と消化の算定値(a)を補正します。

【例２：CASE2-1とCASE2-2を比較する場合】
CASE2-1規模の脱水と焼却の実績値(b)を入力した場合、脱水の補正係数(b/a)で消化と脱水の算定値(a)を補正し、焼却の補正係数(b/a)で焼却の算定値(a)を補正します。

４．地域特性算定条件　（水色のセルに値を設定してください。）

項目	脱水			焼却		
	算定値(a)	実績値(b)	補正係数(b/a)	算定値(a)	実績値(b)	補正係数(b/a)
建設費（百万円／年）	66.5	50.0	0.75	257.3	200.0	0.78
維持管理費（百万円／年）	67.3	55.0	0.82	137.0	100.0	0.73

ステップ１：必須

１．下水処理場の算定条件　（水色のセル全てに値を設定してください。）

設定項目		単位	CASE1-1	CASE1-2	CASE2-1	CASE2-2	初期値
処理場全体	日平均処理水量／日最大処理水量	―	0.80	0.80	0.80	0.80	
濃縮	投入汚泥量（日最大ベース）	m^3/日	900.0	900.0	900.0	900.0	
	投入汚泥濃度	%	1.0	1.0	1.0	1.0	
消化	投入汚泥量（日最大ベース）	m^3/日		225.0		225.0	
	投入汚泥濃度	%		4.0		4.0	
	有機物含有率	%		80.0		80.0	80
	ガス発生量原単位	Nm^3/kg-投入汚泥有機物		0.55		0.55	0.55
	有機物分解率	%		50.0		50.0	50
脱水	投入汚泥量（日最大ベース）	m^3/日	40.9	27.0	40.9	27.0	
	投入汚泥濃度	%	22.0	20.0	22.0	20.0	
	脱水ケーキ含水率	%		81.0			
焼却	投入ケーキ量（日最大ベース）	wet-t/日			40.9	28.4	
	投入ケーキ含水率	%			78.0	81.0	
	有機物含有率	%			80.0	66.7	
	焼却灰加湿含水率	%			30.0	30.0	
汚泥処分	汚泥処分量（日最大ベース）	wet-t/日	40.9	28.4	2.6	2.6	
	汚泥処分費	円/wet-t	16,000	16,000	16,000	16,000	16,000

※黄色のセルは算定結果が表示されます。

２．その他の算定条件　（水色のセル全てに値を設定してください。）

設定項目	単位	共通	初期値
重油価格（Ａ重油　ローリー渡し　東京）	円/kL	60,000	60,000
電気使用料	円/kWh	13.00	13
熱量（Ａ重油）	MJ/L	39.1	39.1
熱量（消化ガス）	MJ/Nm^3	22.0	22.0
CO_2排出係数：Ａ重油	kg-CO_2/L	2.71	2.71
CO_2排出量取引価格	円/t-CO_2	2,890	2,890

３．事業系生ごみの受入　（水色のセル全てに値を設定してください。）

設定項目		単位	CASE1-1	CASE1-2	CASE2-1	CASE2-2
事業系生ごみの受入	生ごみ受入量（日最大）	t/日		20.0		20.0
	生ごみ受入量（日平均）	t/日		10.0		10.0

ステップ２：任意（オプション）

「算定結果シート」の建設費と維持管理費は、本協会発刊の「バイオソリッド利活用基本計画策定マニュアル」の費用関数を用いて算定します。（ステップ１でデータを入力すると、下表の「算定値(a)」欄に「算定結果シート」で算定された建設費と維持管理費が表示されます。）

費用関数はあくまでも平均的な値です。貴自治体に実績があり費用関数との差を実績値に近づけたい場合は、実績値(b)と算定値(a)との比率（補正係数(b/a)）で費用関数を補正するオプション（地域特性算定条件）を設けました。

【例１：CASE1-1とCASE1-2を比較する場合】
CASE1-1規模の脱水の実績値(b)を入力した場合、脱水の補正係数(b/a)で脱水と消化の算定値(a)を補正します。

【例２：CASE2-1とCASE2-2を比較する場合】
CASE2-1規模の脱水と焼却の実績値(b)を入力した場合、脱水の補正係数(b/a)で消化と脱水の算定値(a)を補正し、焼却の補正係数(b/a)で焼却の算定値(a)を補正します。

３．地域特性算定条件　（水色のセルに値を設定してください。）

項目	脱水			焼却		
	算定値(a)	実績値(b)	補正係数(b/a)	算定値(a)	実績値(b)	補正係数(b/a)
建設費（百万円／年）	66.5	50.0	0.75	257.3	200.0	0.78
維持管理費（百万円／年）	67.3	55.0	0.82	136.9	100.0	0.73

図５：　算定条件シート（赤枠：算定ファイル(流入水)、青枠：算定ファイル(投入汚泥)）

利用手順②　（算定結果の参照）

- ◆ 算定ファイルの「算定結果」シートを選択します（図 6）。
- ◆ 「算定条件」シートの設定条件を基に、全ケース（CASE1-1～CASE2-2）の算定結果が参照（印刷・保存）できます。
  - ✧ 「算定結果」シートは、算定ファイル（流入水）が図 7、算定ファイル（投入汚泥）が図 8 の通りです。
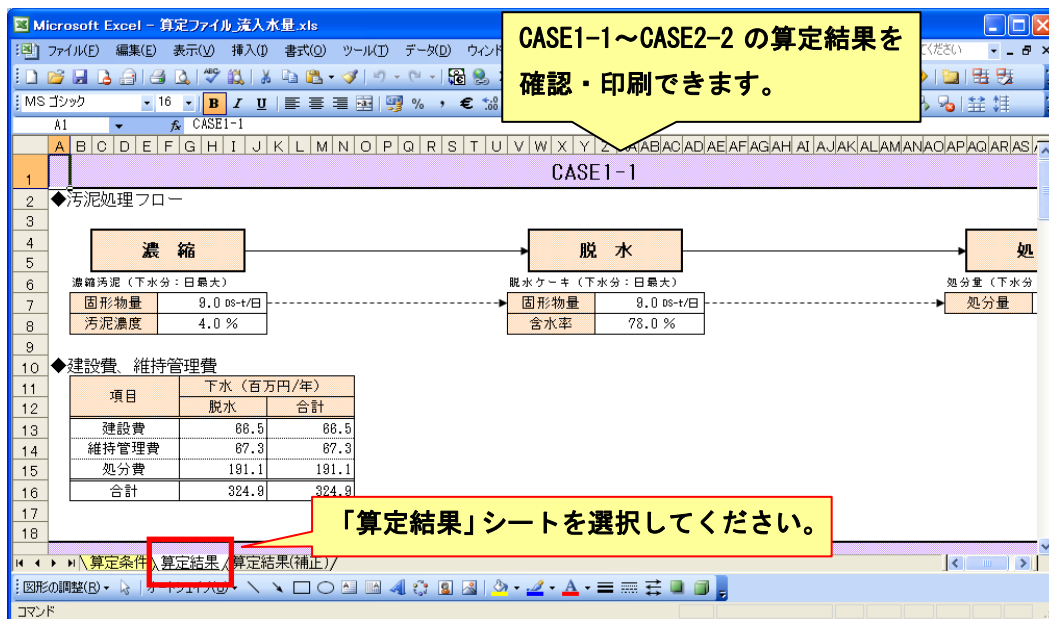
図 6：　算定ファイル（算定結果シート）の利用方法
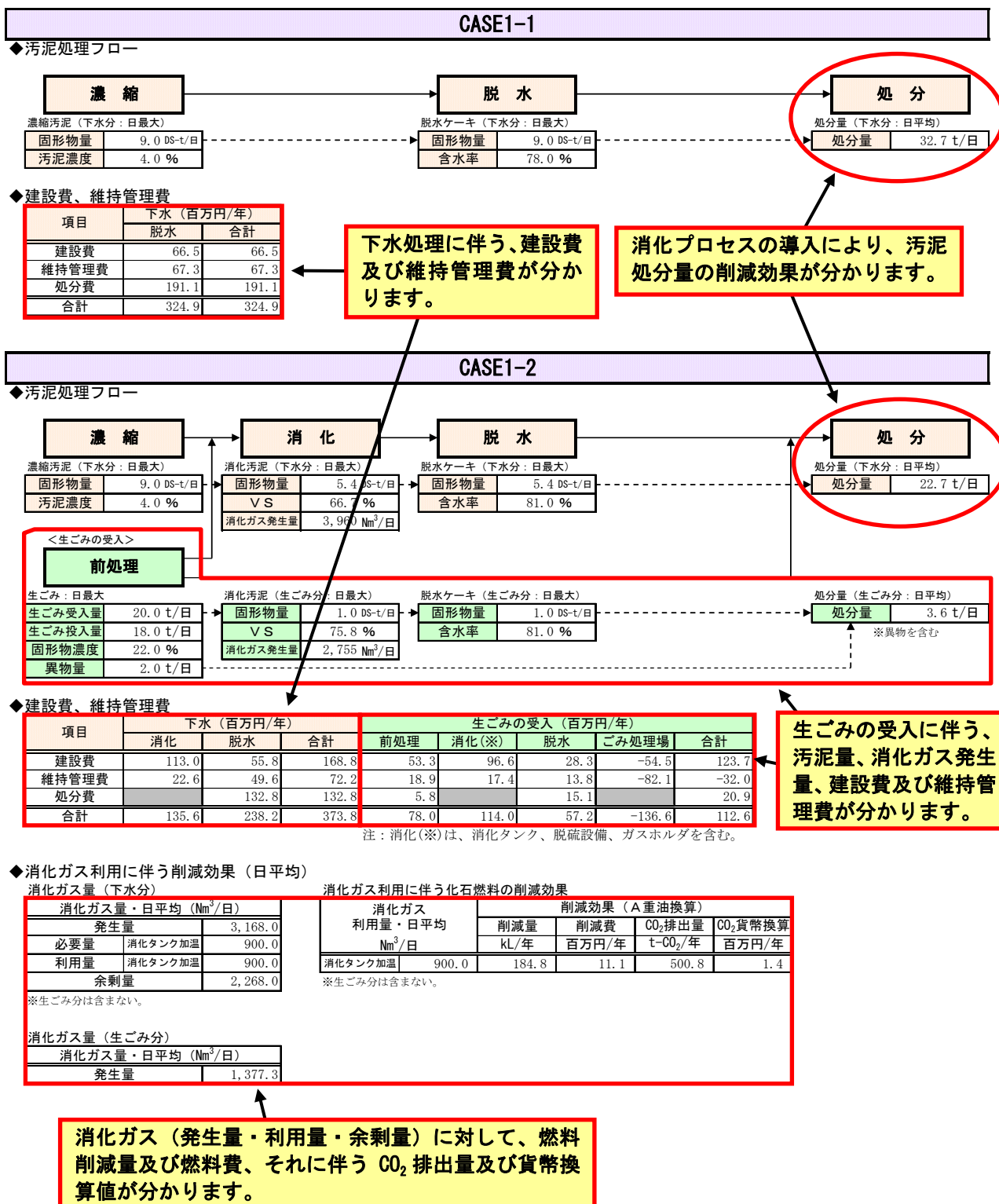
図 7：算定ファイル（流入水：計算結果シート）の利用方法（CASE1-1、CASE1-2）

CASE2-1 建設費、維持管理費

項目	下水（百万円/年）		
	脱水	焼却	合計
建設費	66.5	257.3	323.8
維持管理費	67.3	137.0	204.3
処分費		12.0	12.0
合計	133.8	406.3	540.1

CASE2-2 建設費、維持管理費

項目	下水（百万円/年）				生ごみの受入（百万円/年）					
	消化	脱水	焼却	合計	前処理	消化(※)	脱水	焼却	ごみ処理場	合計
建設費	113.0	55.8	209.0	377.8	53.3	96.6	28.3	79.5	-54.5	203.2
維持管理費	22.6	49.6	107.2	179.4	18.9	17.4	13.8	24.8	-82.1	-7.2
処分費			12.0	12.0	5.8			1.0		6.8
合計	135.6	105.4	328.2	569.2	78.0	114.0	42.1	105.3	-136.6	202.8

消化ガス量（下水分）

消化ガス量・日平均（Nm^3/日）		
発生量		3,168.0
必要量	消化タンク加温	900.0
	焼却炉補助燃料	1,232.2
利用量	消化タンク加温	900.0
	焼却炉補助燃料	1,232.2
余剰量		1,035.8

※生ごみ分は含まない。

消化ガス利用に伴う化石燃料の削減効果

	消化ガス利用量・日平均	削減効果（Ａ重油換算）			
		削減量	削減費	CO_2排出量	CO_2貨幣換算
	Nm^3/日	kL/年	百万円/年	t-CO_2/年	百万円/年
消化タンク加温	900.0	184.8	11.1	500.8	1.4
焼却炉補助燃料	1,232.2	253.1	15.2	685.9	2.0

※生ごみ分は含まない。

消化ガス量（生ごみ分）

消化ガス量・日平均（Nm^3/日）	
発生量	1,377.3

図 7：算定ファイル（流入水：計算結果シート）の利用方法（CASE2-1、CASE2-2）

図 8：算定ファイル（投入汚泥：算定結果シート）の利用方法（CASE2-1、CASE2-2）

CASE2-1

◆建設費、維持管理費

項目	下水（百万円/年）		
	脱水	焼却	合計
建設費	66.5	257.3	323.8
維持管理費	67.3	136.9	204.2
処分費		12.1	12.1
合計	133.8	406.3	540.1

CASE2-2

◆建設費、維持管理費

項目	下水（百万円/年）				生ごみの受入（百万円/年）					
	消化	脱水	焼却	合計	前処理	消化（※）	脱水	焼却	ごみ処理場	合計
建設費	113.0	55.8	208.9	377.7	53.3	96.6	28.3	79.5	-54.5	203.2
維持管理費	22.6	49.6	107.1	179.3	18.9	17.4	13.8	24.8	-82.1	-7.2
処分費			12.1	12.1	5.8			1.0		6.8
合計	135.6	105.4	328.1	569.1	78.0	114.0	42.1	105.3	-136.6	202.8

注：消化（※）は、消化タンク、脱硫設備、ガスホルダを含む。

◆消化ガス利用に伴う削減効果（日平均）

消化ガス量（下水分）

消化ガス量・日平均（Nm^3/日）		
発生量		3,168.0
必要量	消化タンク加温	900.0
	焼却炉補助燃料	1,228.1
利用量	消化タンク加温	900.0
	焼却炉補助燃料	1,228.1
余剰量		1,039.9

※生ごみ分は含まない。

消化ガス利用に伴う化石燃料の削減効果

消化ガス利用量・日平均		削減効果（Ａ重油換算）			
		削減量	削減費	CO_2排出量	CO_2貨幣換算
	Nm^3/日	kL/年	百万円/年	t-CO_2/年	百万円/年
消化タンク加温	900.0	184.8	11.1	500.8	1.4
焼却炉補助燃料	1,228.1	252.2	15.1	683.5	2.0

※生ごみ分は含まない。

消化ガス量（生ごみ分）

消化ガス量・日平均（Nm^3/日）	
発生量	1,377.3

図 8：算定ファイル（投入汚泥：算定結果シート）の利用方法（CASE2-1、CASE2-2）

算定ファイルの機能仕様

1．算定ファイルの構成

算定ファイルのシート構成は、図 9 に示すとおりです。

これらシートの関連図（算定フロー）は、図 10 に示すとおりです。

図 9： 算定ファイルのシート構成

- 算定条件シート：算定条件を設定するシートです。
- 容量計算シート：下水汚泥の容量計算を行うシートです。
- 容量計算（生ごみ分）シート：事業系生ごみに関わる容量計算を行うシートです。
- 建設費維持管理費シート：下水汚泥の処理に必要な建設費・維持管理費などを算定するシートです。
- 建設費維持管理費（生ごみ分）シート：事業系生ごみの処理に必要な建設費・維持管理費などを算定するシートです。
- 熱収支シート：焼却炉の熱収支計算を行い補助燃料の必要量を算定するシートです。
- 焼却炉シート：焼却炉の台数及び焼却炉の放散熱率を管理するシートです。
- 算定結果シート：算定結果を表示するシートです。
- 算定結果（補正）シート：地域特性算定条件を考慮した算定結果を表示するシートです。
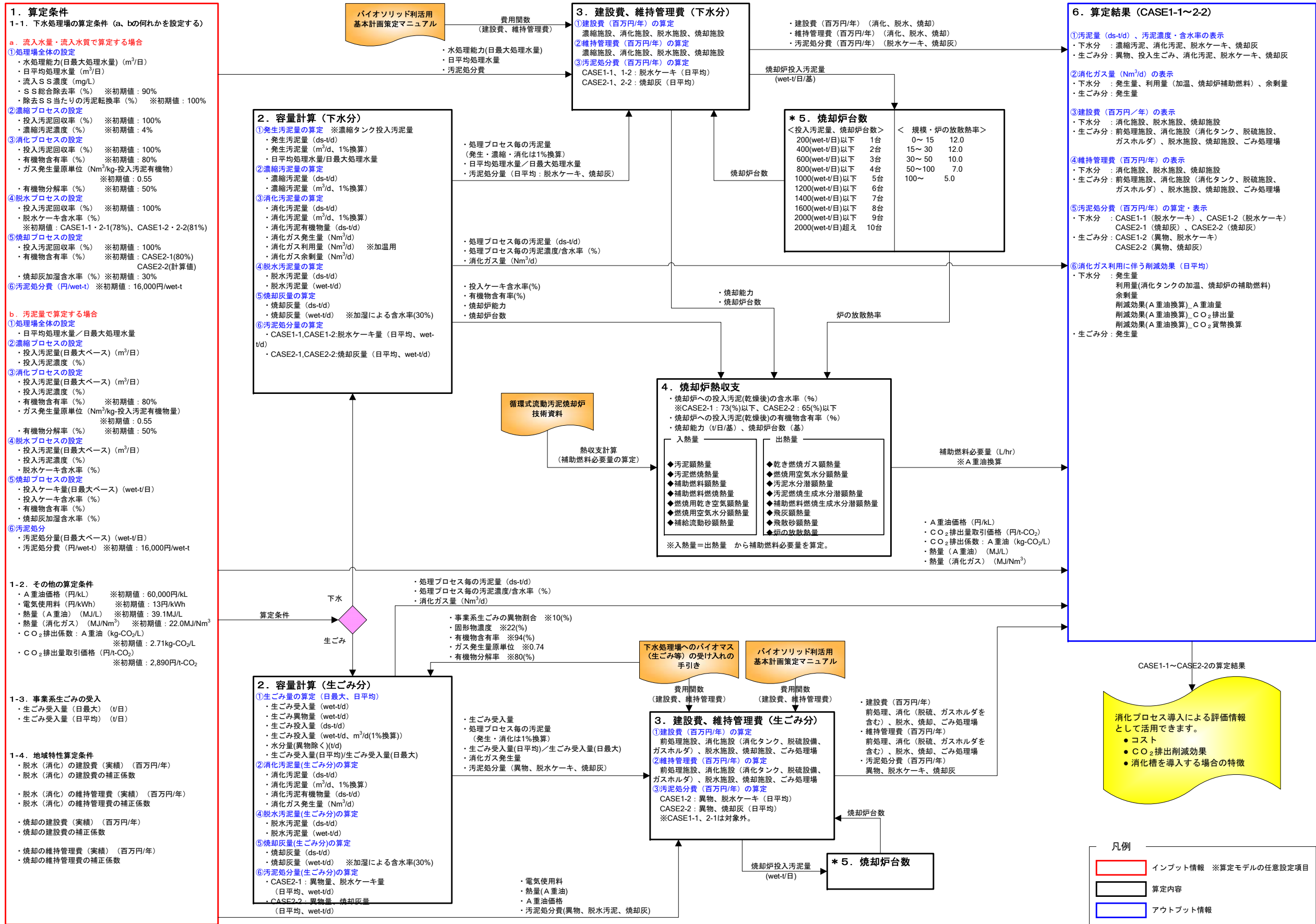
図 10： 算定ファイルのシートの関連図（算定フロー）